

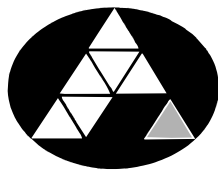
POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tommi Ikonen

HITSAUKSEN LAADUN KEHITTÄMINEN KONEPAJATEOLLISUUDESSA

Opinnäytetyö

Kesäkuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Tommi Ikonen

Nimeke
Hitsauksen laadun kehittäminen konepajateollisuudessa

Toimeksiantaja
Salainen

Tiivistelmä

Hitsaukseen kohdistuneet laatuvaatimukset ovat tiukentuneet ja tämä on asettanut uudenlaisia paineita myös yrityksissä annettavalle ohjeistukselle. Useat konepajat ovat siirtyneet ISO 9001 -standardin mukaiseen laadunhallintajärjestelmään tarkoituksenaan tehostaa kokonaisvaltaista laadunhallintaa.


Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa metalliteollisuuden konepajayrityksen hitsausprosessien laadunhallintaa. Työ tehtiin kohdeyrityksen toimeksiannosta ja opinnäytetyö liitettiin soveltuvilta osin laatukäsikirjan liitteeksi hitsaustyön osioon. Opinnäytetyö oli muodoltaan toiminnallinen. Tiedonkeruumenetelmänä käytettiin havainnointia. Lisäksi opinnäytetyössä toteutettiin havainnointia tukevia haastatteluja, jotka toteutettiin yksilöhaastatteluina. Havaintojen ja haastattelujen pohjalta annettiin parannus- ja kehittämisohjeita hitsausprosessien laadunhallintaan. Osana opinnäytettä laadittiin henkilöstölle helposti käytäntöön sovellettavia hitsauksen tarkastusohjeita ja laadunhallintatyökaluja.

Suurimmiksi laadunhallintaa koskeviksi ongelmiksi yrityksissä nousivat ohjeistukseen ja dokumentointiin liittyvät ongelmat. Tärkeimmät kehittämiskohteet liittyvät kokonaisvaltaisen laadunhallinnan parantamiseen, jonka kautta voidaan saavuttaa laadun paraneminen myös hitsauksessa.

Kieli
suomi

34 sivua
7 liitettä

Asiasanat
hitsaus, laadun kehittäminen, tarkastusohje, työohje

 <p>NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p>THESIS June 2011 Degree Programme in Mechanical Production Engineering</p> <p>Karjalankatu 3 FIN 80200 JOENSUU FINLAND Tel. 358-13-260 6800</p>	
<p>Author(s) Tommi Ikonen</p>		
<p>Title Improvement of welding quality in engineering industry</p>		
<p>Abstract</p> <p>Quality requirements of the welding have been restricted, which has set a new kind of pressure also to the instructions given in production. Several workshops have transferred into ISO 9001-quality management system in order to enhance their overall quality management.</p> <p>The aim of the thesis was to improve the quality management in the welding process of a certain metal industry company. The work was done on behalf of the company and the thesis was attached into the quality manual, into section concerning the quality of welding. The form of the thesis was actional study. The data was collected mainly by observation and by interviews, which were carried out individually. Easy-to-use quality control instructions and quality management tools were also made for the staff as a part of the thesis.</p> <p>The main problems in quality management related to guidance in production and different kind of documentation problems. The main areas of development should be focused on comprehensive quality management through which can be achieved the improved quality also in welding.</p>		
<p>Language Finnish</p>	<p>34 Pages 7 Appendices</p>	
<p>welding, quality improvement, quality control instructions, working instructions</p>		

Sisällys

Tiivistelmä

Abstrakti

1 Johdanto	5
2 Opinnäytetyön määrittely	6
2.1 Opinnäytetyön tavoitteet	6
2.2 Tutkimusmenetelmän valinta	6
3 Opinnäytetyön teoreettinen tausta	7
3.1 Laatu ja ennakoiva laadunhallinta	8
3.2 ISO 9000 – standardit	9
3.3 Hitsausmenetelmät ja materiaalin hitsattavuus	10
3.4 Hitsauksen laadunhallinta ja ISO 3834 -standardit	15
3.5 Hitsauksen laadunhallinnan aiemmat tutkimukset	15
4 Kohdeyrityksen esittely	16
4.1 Laadunhallinnan aikaisempi kehitystyö	17
5 Laadunkehitystyö kohdeyrityksessä	18
5.1 ISO 9001-laadunhallintajärjestelmän implementointi	19
5.2 Laadunhallinnan ongelmat	20
5.3 Hitsauksen tarkastusohjeet ja laadunhallinnan raportointityökalut	25
5.4 Kehitysehdotukset hitsausprosessin laadunhallintaan	27
6 Pohdinta	29
6.1 Työn tulosten hyödynnettävyys	29
6.2 Oman työn arviointi	30
6.3 Opinnäytetyön tulosten luotettavuus	31
Lähteet	33

Liitteet

Liite 1	Kysymyslomake tuotantoon
Liite 2	Kysymyslomake suunnitteluun
Liite 3	Kysymyslomake jälkimarkkinointiin
Liite 4	Hitsauksen tarkastusohje
Liite 5	Poikkeamaraporttikaavakemalli hitsaustuotantoon
Liite 6	Kone- ja laiteluettelomalli
Liite 7	Sisäisen poikkeaman vuokaavio

1 Johdanto

Hitsattujen rakenteiden tärkein toiminto on kantaa niihin kohdistuvaa kuormaa. Se kuitenkin edellyttää, että rakenteet ja hitsausliitokset ovat riittävän lujia ja kestäviä niihin käytön aikana kohdistuvia erilaisia kuormituksia vastaan. [6, s. 2.] Hitsaus mielletään erikoisprosessiksi, jonka laatua ei voida täysin varmasti todentaa kaikilta osin jälkikäteen. Tällöin ennakoivan laadunvarmistuksen ja riskien hallinnan tarve korostuu [7, s. 15]. Ennakoivan laadunhallinnan perusideana on pyrkiä vähentämään laatuvirheitä tuotantoprosessin eri vaiheissa ja ennaltaehkäistä laatuvirheiden kumuloitumista tuotannossa [11, s. 156]. Tällöin myös oikeanlainen työohjeistus osana laadunhallintaa on avainasemassa.

Myös hitsaukseen kohdistuneet laatuvaatimukset ovat tiukentuneet ja tämä on asettanut uudenlaisia paineita myös yrityksissä annettavalle ohjeistukselle. ”Kun materiaaleja ja materiaalivahvuuksia optimoidaan ja laatu- ja tarkastuskustannuksia minimoidaan, nousee hitsauksen laatu entistä tärkeämpään asemaan” [7, s. 23]. Hitsauksen laadun määrittämiseksi soveltuu parhaiten standardi SFS-EN ISO 3834-1, jossa määritetään hitsauksen laadun taso. Standardia käytetään suuntaa antavana tukena hitsauksen laadunhallinnassa ja laadunkehityksessä.

Useat konepajat ovat siirtyneet laadunhallinnassaan ISO 9000 -standardiperheen mukaiseen laadunhallintajärjestelmään. Samalla yrityksissä kehitetään hitsauksen laadunhallintaa standardin ISO 3834-1 mukaisesti, mikä on luotu täydentämään prosessia sen soveltuvien osien.

2 Opinnäytetyön määrittely

2.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa metalliteollisuuden konepajayrityksen hitsausprosessien laadunhallintaa. Opinnäytteen tarkoituksena oli karottaa kohdeyrityksen laadunhallintaprosessin ja hitsauksen laadunhallinnan nykytila. Opinnäytetyössä tarkasteltiin hitsauksen laadunohjauksen lisäksi tuotannon läpimenoaikaa, varastoinnin sekä tuotannossa mahdollisesti syntyvän hukun (*scrap*) vaikutusta, sillä ne ovat tuotannon kokonaislaatuun keskeisesti vaikuttavia seikkoja. Tehtyjen havaintojen ja haastattelujen pohjalta annettiin parannus- ja kehittämis ehdotuksia hitsausprosessien laadunhallintaan. Osana opinnäytettä laadittiin henkilöstölle helposti käytäntöön sovellettavia ja ajan tasalla olevia hitsauksen tarkastusohjeita ja laadunhallintatyökaluja (liitteet 4–7). Työn tarpeellisuus oli yhteydessä kohdeyrityksen linjaamiin jatkuvan parantamisen laatutavoitteisiin.

Työ tehtiin kohdeyrityksen toimeksiannosta ja opinnäytetyö liitettiin soveltuvilta osin kohdeyrityksen laatukäsikirjan liitteeksi hitsaustyön osioon. Opinnäytteen tietopohja rakentui standardin SFS-EN ISO 3834-2 [13, s. 119–143] vaatimuksia mukaillen aina suunnittelupöydältä valmiin tuotteen viimeistelyvaiheeseen ja jälkimarkkinointiin asti.

2.2 Tutkimusmenetelmän valinta

Opinnäytetyö oli muodoltaan toiminnallista tutkimusta, joka on yksi tapaustutkimuksen muodoista. Toiminnallinen tutkimus on laadullista tutkimusta. Laadullisen tutkimuksen tyypillisiin ominaisuuksiin kuuluu, että tietoa hankitaan kokonaisvaltaisesti ja aineistoa kootaan luonnollisissa tilanteissa. Laadullisen tutkimuksen tutkimuskohteet ovat myös ainutlaatuisia ja tuloksia tulee tulkita sen

mukaan [18, s. 155]. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteisiin kuuluu myös toteutuksen joustavuus, jolloin tutkimusasetelmaa tai -toteutusta voidaan tarvittaessa muuttaa tutkimuksen aikana olosuhteiden näin vaatiessa esimerkiksi haastattelutilanteessa [20, s. 45].

Laadullisessa tapaustutkimuksessa tutkitaan tiettyä, tarkoituksenmukaisesti valittua tutkimuskohdetta, tässä tapauksessa konepajan hitsausprosessia, pyrkimyksenä muodostaa tutkimuskohteesta mahdollisimman kokonaisvaltainen kuvaus. Toiminnallisessa tutkimuksessa tutkija pyrkii kohteen kuvauksen lisäksi hyödyntämään keräämäänsä tietoa tutkittavan organisaation toiminnan kehittämisessä [19, s. 5]. Tässä toiminnallisessa tutkimuksessa kehitettiin tutkimuskohteeksi valitun hitsausprosessin laadunhallintaa kerätyn informaation ja havaintojen avulla.

Tiedonkeruumenetelmänä tässä opinnäytteessä käytettiin pääosin osallistuvaa havainnointia. Lisäksi opinnäytetyössä toteutettiin havainnointia tukevia haastatteluja, jotka toteutettiin yksilöhaastatteluina (liitteet 1–3). Haastatteluilla pyrittiin saamaan syvällisempää tietoa kohdeyrityksen laadunhallinnan nykytilasta ja kehitystarpeista. Havainnointi ja haastattelu ovat keskeisiä tapaustutkimuksen tutkimusmenetelmiä. Havainnoinnin suurin etu on, että sen avulla voidaan saada välitöntä, suoraa tietoa yksilöiden, ryhmien tai organisaatioiden toiminnasta ja käyttäytymisestä [18, s. 200].

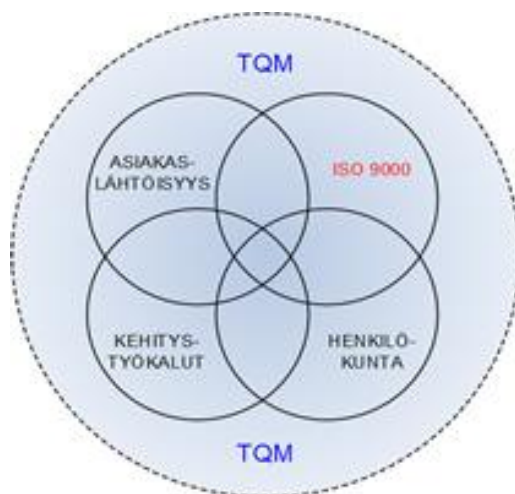
3 Opinnäytetyön teoreettinen tausta

Tässä opinnäytetyössä keskeisiä käsitteitä olivat laadunhallinta, hitsauksen laatu, hitsauksen laatuvirheet, hitsauksen tarkastusohjeet ja hitsauksen laatuasiakirjat. Laadun varmistamisen kannalta keskeisiä standardeja ovat SFS-EN ISO 9000 ja SFS-EN ISO 3834.

3.1 Laatu ja ennakoiva laadunhallinta

Laadunhallinnassa ja laatujohtamisessa lähtökohtana ovat eri sidosryhmien toiveet yrityksen tuotteen tai palvelun ominaisuuksista ja laadusta. Lecklinin (2006) mukaan tärkeimpänä yrityksen laatumittarina voidaan pitää asiakkaiden tarpeita, vaatimuksia ja odotuksia. Sisäisen toiminnan tehokkuus ja virheettömät lopputuotteet eivät takaa korkeata laatua vaan edellytyksenä on ulkopuolisen arvioijan, asiakkaan näkemys [12, s. 18].

Asiakaslähtöisyyden näkökulmasta kokonaisvaltaisella laatujohtamisella ei tarkoiteta pelkästään asiakastyytyväisyyttä tai asiakasvaatimukseen vastaamista, vaan siinä painotetaan ensisijaisesti toimintatapoja, joilla asiakas saadaan toistuvasti tyytyväiseksi [17]. Tästä näkökulmasta kehitystyökalut, ISO 9001 -standardin mukainen laadunhallintajärjestelmä ja yrityksen henkilökunta ovat tärkeä osa kokonaisvaltaista laadunhallintaa (kuva 1).



Kuva 1. Kokonaisvaltaisen laatujohtamisen (TQM) osa-alueet [17].

Teollisuustuotannossa laatu tarkoittaa sekä tuotteiden ja tuotantoprosessin hyvää laatua, alhaisia laatukustannuksia ja niiden seurauksena kustannustehokkuutta [12, s. 24]. Tuotannon kustannustehokkuuden ja hyvän laadun kautta saavutetaan kilpailuetu markkinoilla. Hyvään laatuun päästäkseen tuotantoprosesseissa tarvitaan erilaisia laadunvarmistuksellisia toimenpiteitä [11, s. 149].

Laadunvarmistus on kokonaisvaltaista, yrityksen kaikkiin prosesseihin ulottuvaa toimintaa, jolla pyritään minimoimaan mm. korjausten ja asiakasreklamaatioiden määrää [6, s. 2]. Teollisuustuotannossa syntyviä laatuvirheitä ei voida vähentää pelkillä laatutarkastuksilla, mutta niiden avulla voidaan karsia virheellisten tuotteiden toimittaminen asiakkaalle [11, s. 162]. Niin kauan kuin laadunvarmistuksilla vain korjataan tuotannossa syntyviä virheitä, kokonaislaatu ei parane [11, s. 162].

Ennakoivassa laadunhallinnassa tavoitteena on virheiden ennaltaehkäisy ja virhelähteiden paikallistaminen ja tätä kautta tuotantoprosessin parantaminen [11, s.156]. Ennakoivan laadunhallinnan ja -valvonnan merkitys korostuu yrityksissä, joiden tavoitteena on kokonaisvaltainen laadunkehittäminen. Kokonaisvaltainen laatu tai nollavirhetavoite saavutetaan vasta sitten, kun tuotannon eri vaiheissa syntyvät virheet ennakoidaan ja sitä kautta koko tuotantoprosessi saadaan toimimaan laadukkaasti. Lisäksi jatkuva parantaminen ja oppiminen ovat osa kokonaisvaltaista laadunkehittämistä.

3.2 ISO 9000 -standardit

Yritys voi saavuttaa kilpailuetua markkinoilla, jos se pystyy osoittamaan tuotteidensa kestävyys ja laadun. Standardoidun laatujärjestelmän käyttöönotto on siis aina yritykselle strateginen päätös [9, s. 8].

ISO-9000 standardissa yrityksen tavoitteeksi on asetettu saavuttaa ja ylläpitää sellainen tuotteen tai palvelun laatu, joka täyttää asiakkaan vaatimukset tai tarpeet [11, s. 27].

Myös ISO 9000 -standardissa lähtökohtana on ennakoivan laadunhallinnan lisääminen yrityksen laatujohtamisessa. Lisäksi standardi korostaa jatkuvan parantamisen periaatteen tuomista osaksi yrityksen laatu politiikkaa [10, s. 427].

Standardiin kuuluu kolme standardia, jotka ovat:

- SFS-ISO 9000:2000 Perusteet ja sanasto
- SFS-ISO 9001:2008 Vaatimukset

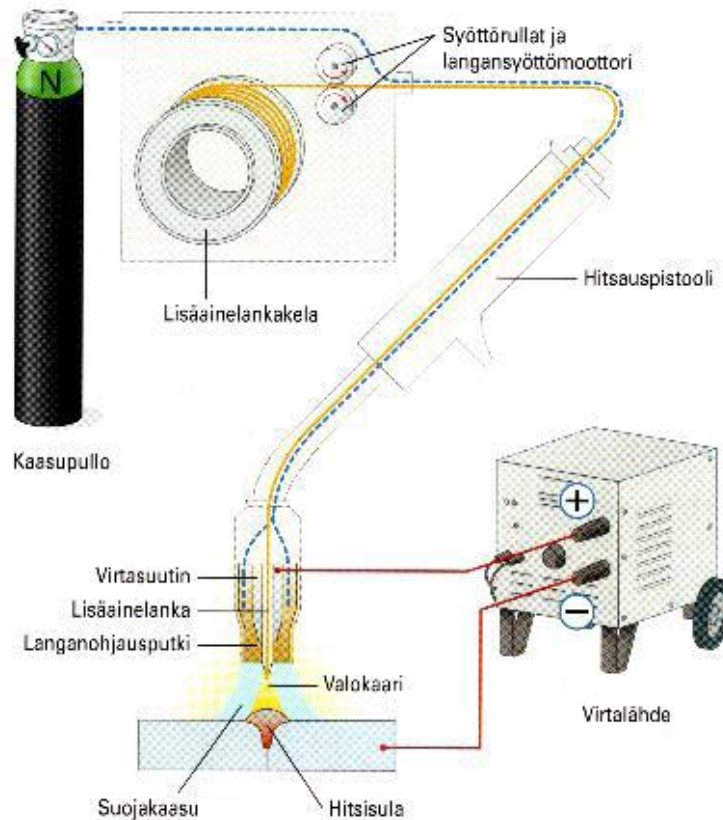
- SFS-ISO 9004:2000 Suuntaviivat suorituskyvyn parantamiselle [17].

3.3 Hitsausmenetelmät ja materiaalin hitsattavuus

Tässä työssä tarkastellaan pääasiassa valokaarihitsaukseen perustuvia menetelmiä ja niiden laatua. Valokaarella tarkoitetaan kaasussa tapahtuvaa sähköpurkausta. Valokaaren avulla pystytään kehittämään tehokkaasti ja nopeasti riittävän korkeita lämpötiloja ja suuria lämpömääriä [26]. Yleisimmät valokaareen perustuvat nk. kaarihitsausprosessit ovat MIG/MAG-hitsaus, puikkohitsaus, MAG-täytelankahitsaus, jauhekaarihitsaus, TIG-hitsaus ja plasmahitsaus. MIG/MAG-hitsauksessa valokaari syttyy, kun lisäaine koskettaa työkappaleen pintaa ja kosketuskohtaan syntyy oikosulku. Oikosulkuvirta sulattaa langan pään ja valokaari syttyy. [23.]

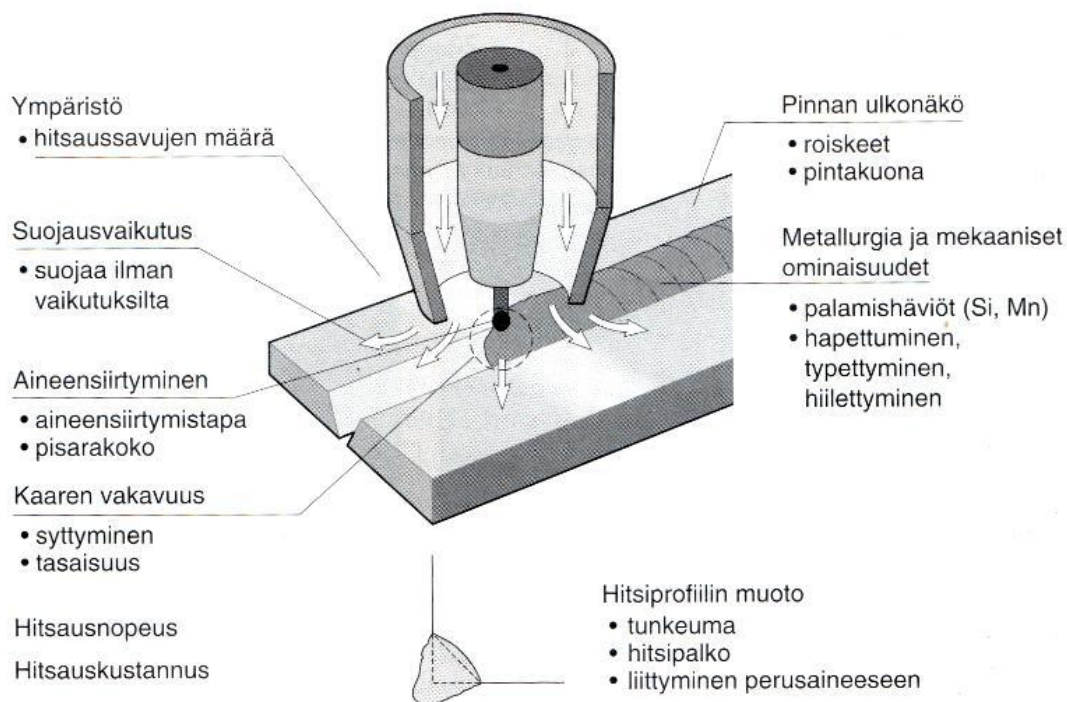
Hitsauksessa tavoitteena on saada aikaan mahdollisimman tasainen valokaari, jotta hitsistä tulisi siisti ja pitävä. Hitsattavan sauman pitävyyden kannalta on tärkeää valita hitsattaviin materiaaleihin ja niiden paksuuteen sopiva hitsausjännite ja langansyöttönopeus. [23.] Myös hitsaajan työskentelytekniikka vaikuttaa valokaaren tasaisuuteen ja siten hitsin laatuun. Hitsauselektrodin tasainen etäisyys railosta ja hitsauspolttimen tasainen kuljetusnopeus ovat tärkeitä hitsin onnistumiselle [24, s. 7].

Nykyisin MIG/MAG-hitsausta käytetään melkein kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa [23]. Myös kohdeyrityksessä hitsaus suoritetaan pääosin käsintehtävänä MAG-hitsauksena. Tämän lisäksi käytetään robottihitsausta tarkkuutta vaativien kohteiden hitsaukseen. Koska tuotantomäärät ovat kasvupainotteisia, yrityksen tavoitteena on lisätä robottihitsauksen osuutta tulevaisuudessa.



Kuva 2. MIG/MAG-hitsauslaitteistoon kuuluu hitsausvirtalähde, langansyöttölaitteisto, suojakaasulaitteisto, hitsauspistooli sekä mahdollinen nestejäähdytysyksikkö [25, s. 95].

Langansyöttölaitteiston tehtävänä on syöttää lisäainelankaa johdinputkea pitkin hitsauspistoolin kosketussuuttimen läpi valokaareen, jossa valokaaren lämpö sulattaa lisäainelangan hitsisulaan (kuva 2). Langansyötön häiriötön toiminta on ehdoton edellytys MIG/MAG-hitsauksen onnistumiselle. [24, s.10.] Suojakaasun tehtävät kaasukaarihitsauksessa ovat suojata hitsisulaa, elektrodia, lisäainelangan päätä ja sulia lisäainepisaroita ilman hapelta ja typeltä, luoda valokaarelle edellytykset palaa toivotulla tavalla sekä toimia hitsauspolttimen osien jäähdyttäjänä (kuva 3). Suojakaasun puuttuminen aiheuttaa hitsin pinnan voimakasta hapettumista, jolloin syntyy huokosia. [24, s.11.]



Kuva 3. Suojakaasun vaikutukset kaasukaarihitsauksessa [8, s. 136].

Määriteltäessä rakenneosan hitsattavuutta, tulee huomioida valmistettava tuote kokonaisuutena. Standardissa DIN 8528 rakenneosan hitsattavuus jaetaan perusaineen hitsattavuuteen, rakenteelliseen hitsattavuuteen sekä valmistustekniseen hitsattavuuteen (kuva 4) [33, s. 18]. Kohdeyrityksessä hitsataan pääasiassa terästä, jonka hitsattavuus määräytyy sen karkenevuuden perusteella eli kuinka nopeasti jäähtyminen tapahtuu lämpötila-alueella 800 - 500 °C [33, s. 22].

Metallista ainetta voidaan pitää hitsaukseen soveltuvana silloin, kun voidaan aikaansaada hitsausliitos, joka täyttää kulloisenkin aineen - - ominaisuuksien perusteella asetettavat vaatimukset. Tällöin puhutaan perusaineen hitsattavuudesta. Rakenteellisesti hitsattavana puolestaan pidetään sellaista rakennetta, jonka perusaineesta valmistettu rakenneosa pystyy rakenteellisen muotoilunsa perusteella toimimaan edellytetyissä käyttöolosuhteissa. Rakenteen valmistuksellinen hitsattavuus on sitä parempi, mitä vähemmän valmistuksen määräämiä tekijöitä on otettava huomioon rakennetta suunniteltaessa. [32, s. 103–104.]



Kuva 4. Hitsattavuuden määritelmä voidaan jakaa kolmeen osaan [8, s. 37].

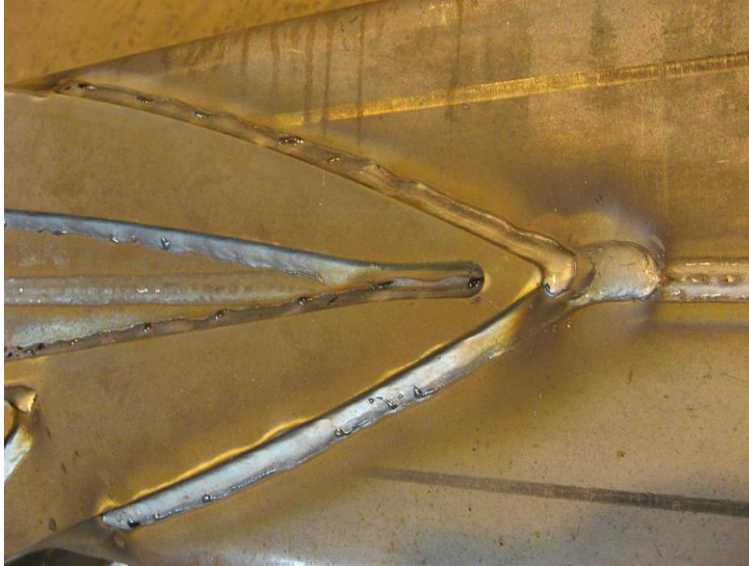
Perusaineen hitsattavuus, joka on materiaaliominaisuus, riippuu itse perusaineen ohella valmistuksesta ja vain hieman konstruktiosta [33, s. 35].

Ennen hitsauksen aloittamista on tiedettävä perusaineen ominaisuudet. Vasta tämän jälkeen voidaan valita käytettävä hitsausmenetelmä, lisäaineet, mahdolliset suojakaasut ja lämpökäsittelyt. - - Perusaineen kemialliseen koostumukseen liittyy mm. väsymislujuus, sulan käyttäytyminen, karkenemis-, kuumahalkeilu-, ja haurasmurtumataipumus. [33, s. 34.]

Kaikissa teräksissä on seosaineita, ja niiden määrällä sekä keskinäisillä suhteilla on merkittävä vaikutus perusaineen hitsattavuuteen [33, s. 34]. Yleisimpiä teräksen seosaineet ovat hiili (C), mangaani (Mn), kromi (Cr), nikkeli (Ni), molybdeeni (Mo), alumiini (Al), kupari (Cu), wolframi (W), Pii (Si) ja vanadiini (V). Seosaineilla voidaan lisätä teräksen lujuutta ja muokata niiden työstettävyyttä. Samalla hitsauksesta on tullut yhä vaikeampaa karkenemisvaaran vuoksi. Karkenemisella tarkoitetaan rakenteen muuttumista martensiittiseksi jäähtymisen aikana.[33, s. 36.] Karkenemista voidaan ennaltaehkäistä esimerkiksi lämpökäsittelyllä, kuten hitsattavan materiaalin esilämmityksellä.

Rakenteellinen hitsattavuus riippuu olennaisesti hitsattavasta perusaineesta ja vain vähän valmistustekniikasta [33, s. 27]. Rakenteellinen hitsattavuus on pääasiassa ennakoivaa suunnittelua, jolla pyritään esimerkiksi vähentämään hitsisaumoihin kohdistuvia kuormia kuten dynaamista ja staattista jännitystä. Rakenteellisen hitsattavuuden parantamiseksi hitsit tulisi sijoittaa vähiten rasitet-

tuihin kohtiin, koska liitoksen reunat aiheuttavat jännityskertymiä [33, s. 28]. Rakenteellisessa hitsattavuudessa ovat vaikuttavina tekijöinä rakenteen muodot, rakenteen tuleva käyttö, rakenteen kuormitukset, hitsausliitosten sijoittelu ja aineen paksuudet (kuva 5) [33, s. 27].



Kuva 5. Hitsausseaman sijoittelulla (lopetussaumat hitsattu ristiin) on pyritty vähentämään rakenteen sisäisiä jännitteitä ja tasaamaan jännityshuippuja.

Valmistuksellinen hitsattavuus on valmistusominaisuus, joka riippuu lähinnä konstruktiosta ja vain vähän perusaineen ominaisuuksista. Valmistukselliseen hitsattavuuteen vaikuttavia seikkoja ovat ennen hitsausta ja hitsauksen jälkeen tehtävät valmistelevat ja viimeistelevät toimenpiteet sekä hitsausmenetelmät. Esivalmisteluihin kuuluu liitosmuoto, railomuoto sekä mahdolliset esilämmitykset. [33, s. 29.] Kohdeyrityksessä käytetään kaikkia edellä mainittuja esivalmistelutapoja.

Varsinaista hitsausta suunniteltaessa on hitsausmenetelmän lisäksi huomioitava lisäaineen laatu, työskentelyolosuhteet, lämmöntuonti ja hitsausjärjestys. Hitsauksen jälkeisiä toimenpiteitä ovat mm. lämpökäsittelyt, työstöt ja peittaukset [33, s. 29]. Kohdeyrityksessä yleisimpiä jälkikäsittelymenetelmiä ovat erilaiset jälkityöstöt kuten hionta ja maalaus.

3.4 Hitsauksen laadunhallinta ja ISO 3834 -standardit

Hitsaus on avainprosessi hitsausta käyttävien teollisuusyritysten laadunmuodostuksessa, koska hitsausprosessit ja valmiin hitsausjälien laatu vaikuttavat sekä valmistuskustannuksiin että valmiin tuotteen laatuun. Hitsauksessa ennakoidun laadunhallinnan merkitys korostuu, koska tuotteen laatua ei saada aikaan tarkastamalla vaan valmistamalla. [13.]

Ennakoiva laadunvalvonta, jolla varmistetaan standardin vaatimusten mukainen lopputulos, on kuitenkin välttämätöntä horisontaalisesti läpi koko tuotantoprosessin suunnittelusta ja materiaalivalinnasta valmistukseen ja lopputarkastukseen saakka. Kokonaisuuksista riippuen oikea-aikaisella tarkastamisella voidaan tehdä suuria säästöjä ehkäisemällä vaikeat ja aikaa vievät korjaustoimet.

Hitsausstandardit ovat horisontaalisia standardeja, mikä tarkoittaa, että ne ovat tuotteista riippumattomia ja niihin viitataan lukuisissa tuotestandardeissa. Samoin esimerkiksi hitsiluokan vaatimukset ovat samat kaikissa tuotteissa, joissa niihin viitataan. [15, s. 1, 3.]

Standardiperheeseen kuuluu viisi standardia, jotka ovat:

- SFS-EN ISO 3834-1 / Laatuvaatimustason valintaperusteet
- SFS-EN ISO 3834-2 / Kattavat laatuvaatimukset
- SFS-EN ISO 3834-3 / Vakiolaatuvaatimukset
- SFS-EN ISO 3834-4 / Peruslaatuvaatimukset
- SFS-EN ISO 3834-5 / Asiakirjastandardit vaatimusten osoittamiseksi.

[14, s. 5.]

3.5 Hitsauksen laadunhallinnan aiemmat tutkimukset

Aiemmin hitsauksen laadunhallintaa konepajaolosuhteissa on tutkittu Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa, jossa Timo Kettunen kuvasi ja toteutti laadunhallintajärjestelmän konepajaan ISO 9001- ja ISO 3834-2 -standardien mukaisesti. Kettusen (2006) mukaan tilauskonepajassa hitsauksen toimintajärjes-

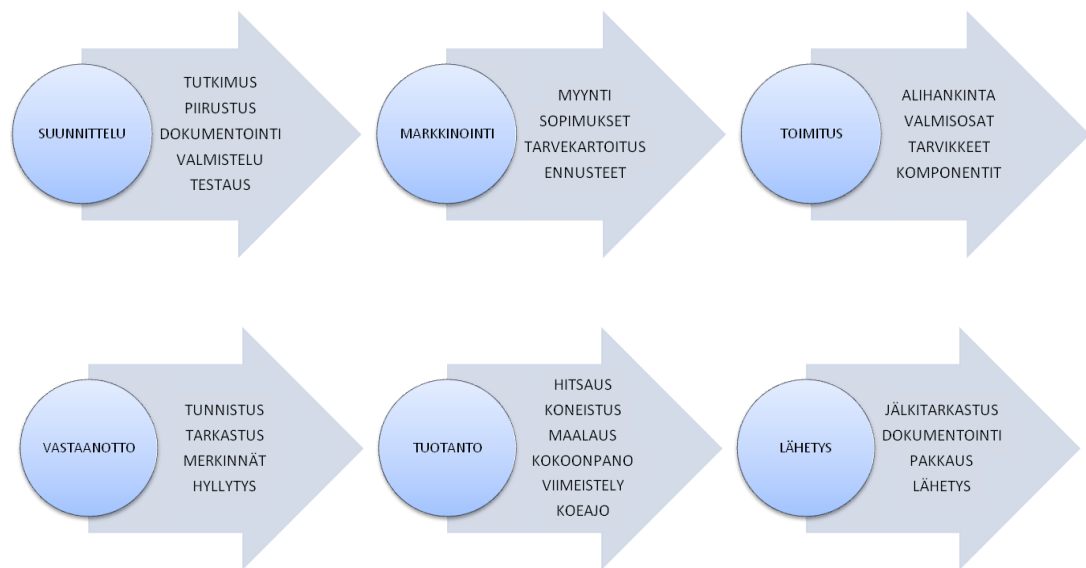
telmältä vaaditaan joustavuutta, koska asiakkaiden hitsaustyölle asettamat vaatimukset voivat vaihdella suuresti. Osana diplomityötä kuvataan myös hitsausohjeiden (WPS) laatiminen, joka on keskeinen osa-alue hitsauksen laadunhallintajärjestelmää [5, s. 2].

Hitsausohjeiden (pWPS, WPS) laadinnasta on laadittu runsaasti toiminnallisia, yrityskohtaisia ammattikorkeakouluopinnäytetöitä [mm. 3, 2], ja diplomitöitä aiemminkin. Esimerkiksi Lappeenrannan Teknisessä korkeakoulussa työohjeiden laadintaa osana hitsauksen laadunhallintaa on tutkinut Kari Saaranen (2006), joka laati helppokäyttöisen hitsausohjeistuksen kohdeyrityksen palkinvalmistukseen. Kyseisessä diplomityössä ohjeistuksen käytettävyyttä ja saatavuutta haluttiin parantaa aikaisempaa helpommaksi hiljattain käyttöön otetun toimintajärjestelmän avulla [7, s. 65]. Varsinaisia työvaiheiden ohjeistuksia koskevia case-tutkimuksia tai opinnäytteitä on toteutettu huomattavasti vähemmän.

4 Kohdeyrityksen esittely

Kohdeyritys on metalliteollisuuden toimialalla toimiva keskisuuri konepaja. Yrityksen tuotanto on tilausohjautuva, joten varastoja ei pidetä. Yrityksen tuotantoon vaikuttavat ydinprosessit voidaan jakaa kuuteen pääryhmään: suunnitteluun, markkinointiin, toimitukseen, vastaanottoon, tuotantoon ja lähetykseen (kuva 6). Laadunhallinnan kannalta tärkeimpiä prosesseja ovat toimitus ja tuotanto.

Toimitusvaiheen sisältämät osaprosessit ovat pääosin keskittyneet alihankintana toimitettavien komponenttien hankintaan, jolloin niiden laadunvalvonta on strategisesti tärkeää. Tuotantovaihe käsittää lopputuotteen koneistuksen, hitsauksen, kokoonpanon, maalauksen ja muut viimeistelytyöt, kuten esimerkiksi hionnan. Tuotantoprosessin laadunhallinnalla pyritään parantamaan läpimenoaikoja, vähentämään laatuvirheistä syntyviä kustannuksia ja hukkaa sekä parantamaan saantoa.



Kuva 6. Yrityksen tuotantoprosessin kuvaus.

4.1 Laadunhallinnan aikaisempi kehitystyö

Yrityksen strategiassa määritellään, että yrityksen valmistusprosessit ovat laadultaan, toimitusvarmuudeltaan ja tuotettavuudeltaan toimialan kärkeä [22, s. 1]. Yrityksessä on määritetty laatupolitiikka ja lisäksi nelivaiheinen laatuprosessi, jota voidaan pitää laatupolitiikan jalkauttamisena henkilökunnan tasolle:

1. Määritellään, mitä laatu tarkoittaa kunkin työntekijän päivittäisessä toiminnassa.
2. Varmistetaan, että jokaisella yrityksen työntekijällä on edellytykset laadukkaaseen työskentelyyn jokaisena päivänä
 - osaaminen
 - työkalut, -menetelmät, ohjeet
 - työympäristö
3. Jokaisen työntekijät velvollisuus ja ammattitilpeys on tehdä päivittäinen työnsä määritellyn laadun mukaisesti
4. Jokaisella työntekijällä on oikeus odottaa edeltävältä työvaiheelta laadukas tuote edelleen työstettäväksi laadukkaana eteenpäin seuraavalle sisäiselle tai ulkoiselle asiakkaalle. Laatupalautetta pitää antaa ja sitä pitää pystyä ottamaan vastaan. [22, s. 2.]

Kohdeyrityksen hitsauksen laadunhallintaa on kartoitettu edellisen kerran vuonna 2007. Katselmuksessa huomio kohdistettiin erityisesti dokumentoinnin ja

mittareiden puutteeseen ja myös yhteisten toimintakäytänteiden, kuten laatujärjestelmän puuttumiseen [21, s. 2]. Jo tuolloin painotettiin yhteisten työohjeiden, koulutuksen ja laatujärjestelmän merkitystä [21, s. 19–22]. Kohdeyrityksessä määritetty laatupolitiikka ei toistaiseksi ole toteutunut halutulla tavalla. Lisäksi yritys on reagoinut melko hitaasti annettuihin kehitysehdotuksiin osittain henkilöstöresurssipulasta johtuen.

Kohdeyrityksessä toteutettiin vuonna 2009 hitsauksen laadun parantamiseen tähtäävä benchmarking toisen metalliteollisuuden konepajayrityksen kanssa. Varsinainen laadunhallinnan kehitystyö on aloitettu yrityksen hallituksen esityksestä vuonna 2010, jolloin myös yrityksen laadunhallintajärjestelmä on epävirallisesti katselmoitu.

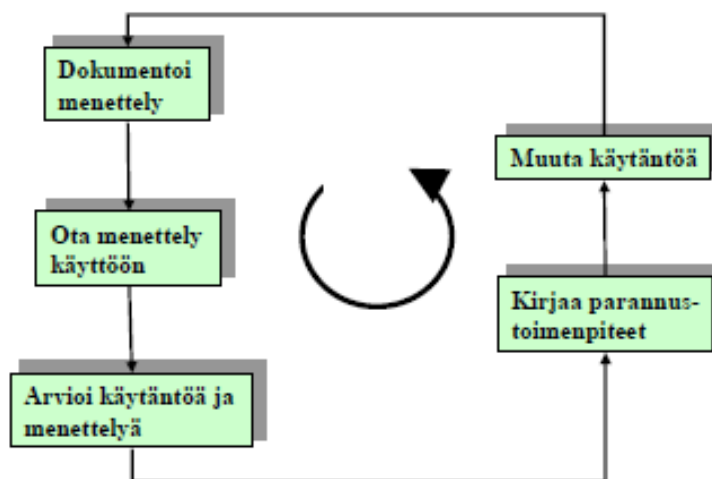
Yritys on ottanut tavoitteekseen kokonaisvaltaisen laadunparantamisen, johon liittyy ISO 9001 -laatujärjestelmän käyttöönotto ja sertifiointi vuonna 2012. Tähän liittyen pyritään määrittämään ja parantamaan soveltuvin osin yrityksen ydinprosessin eli hitsauksen laatua standardin ISO 3834 mukaisesti. Osana laadunparantamista kohdeyrityksessä laaditaan myös hitsauksen tarkastusohjeita, jotka toimivat laadunvarmistuksen työkaluina tuotantohenkilöstölle.

5 Laadunkehitystyö kohdeyrityksessä

Nyt aloitetussa hitsauksen laadunkehitysprojektissa tehtävänä oli perehtyä ensin laatuprojektin aloituskatselmuksessa esille tulleisiin kehityskohteisiin ja kartoittaa hitsausprosessin pahimpia laatuongelmia havainnoimalla pääasiassa hitsausprosessin toimintaa sekä haastatteleamalla kohdeyrityksen henkilökuntaa (liitteet 1–3). Kerättyjen tietojen ja standardin 3834 mukaisesti tehtiin henkilökunnan käyttöön hitsauksen tarkastusohje, kone- ja laiteluettelomalli, sisäisen poikkeaman vuokaavio, sekä poikkeamaraporttimalli (liitteet 4–7).

5.1 ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmän implementointi

Yrityksen tavoitteena on kehittää toimintajärjestelmäänsä siten, että vuoden 2011 loppuun mennessä järjestelmällä saavutettaisiin sertifiointivalmius. Virallisen asiantuntijan lausuntojen mukaan tuotantomenetelmien on todettu olevan lähellä ISO 9001 -standardien vaatimuksia [22]. Yritys katsookin pystyvänsä implementoimaan ISO 9001 -laatujärjestelmän vuoden 2012 loppuun mennessä. Koska hitsaus on kohdeyrityksessä avainprosessi, on sen laadunhallintaa parannettava, ja se tulee määrittää ja kuvata osaksi laatukäsikirjaa. Opinnäytetyössä laaditut dokumentit ja laadunhallintamenetelmät (liitteet 4–7) vietiin soveltuvilta osin laatukäsikirjan liitteeksi hitsaustyön osioon.



Kuva 7. Laatujärjestelmän kehitystyö [16, s. 10].

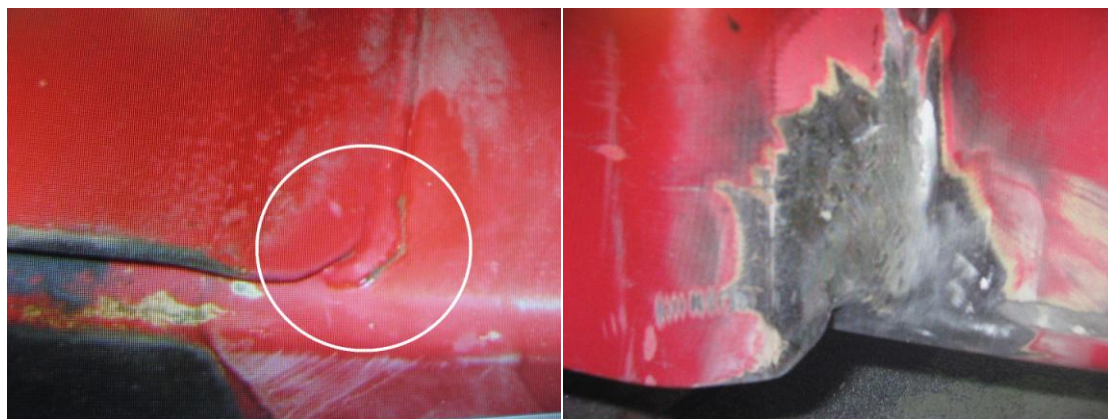
Laatujärjestelmän implementoinnilla pyritään lisäämään tehokkuutta selkiyttämällä vastuunjako ja toiminnankuvausta. Laatujärjestelmän kautta luodaan työkalut ja mittarit strategiassa kuvattujen laatutavoitteiden toteuttamiseen sekä operatiiviseen jatkuvan parantamisen ylläpitoon (kuva 7). Lisäksi tavoitteena on lisätä henkilöstön sitoutumista laatuun kaikilla tasoilla ja selkiyttää sekä sisäistä että ulkoista viestintää. Tavoitteena on laadunhallinnan kehittäminen jatkuvan parantamisen periaatteiden kautta. Lisäksi tavoitteeksi asetettu laatujärjestelmän sertifikaatti antaa hyvän kilpailuedun markkinoilla.

5.2 Laadunhallinnan ongelmat

Nyt 2011 tehdyssä uudessa kartoituksessa havaittiin lähes samoja ongelmia kuin vuonna 2007 tehdyssä kartoituksessa. Kokonaisuudessaan yrityksen tuotannon ja hitsausprosessin laatu ja materiaalin hitsattavuus on hyvällä tasolla, mutta tuoterekламаatioitakin tulee. Yllättävänä seikkana esiin nousi sertifioimattoman laatujärjestelmän puuttuminen. Aloituskatselmuksessa selvisi yritysjohtajan halu tuotannon laadun parantamiseksi ja tiedostettujen laatu epäkohtien karsimiseksi, joista tärkeimmiksi nähtiin systemaattisen tarkastamisen ja laatu-dokumentoinnin puute.

Yleisenä laadunkehittämisen hidasteena ovat yrityksen vähäiset laadun kehittämiselle kohdistetut henkilöstöresurssit. Aiemmin yrityksessä oli ajauduttu laadunkehitystyössä vaikeuksiin, koska tuloksia ei saatu hyödynnettyä määräajassa projektin aloittamisesta, eivätkä johdon asettamat laadunkehittämisen toimenpiteet jalkautuneet tuotantoon asti. Tämä puolestaan johtui liian hajanaisesta standardiin pohjautuvasta työkentästä. Laadunkehitysprojekteissa työtä on paljon ja tulosten saaminen vie helposti vuoden, usein jopa kaksi.

Eräs merkittävimmistä ongelmista ovat tuotannossa muodostuvat pullonkaulat, jotka aiheutuvat tuotannon ylikuormittumisesta, kun uusia tuotteita (prototyypit) valmistetaan ja takuukäsittelyyn tulevia tuotteita korjataan samanaikaisesti, samalla tuotantolinjalla muun tuotannon kanssa [27]. Kokoonpanossa ja hitsauksessa kuluu työaikaa laatuvirheiden ja reklamaatioiden korjaamiseen, jolloin suunnitellun tuotannon läpimenoaika pitenee ja toimituksiin voi syntyä viivästyksiä (kuva 8). Reklamaatioiden korjaus muun tuotannon lomassa voi olla hidasteena tuotantolinjalla jopa 1–2 vuorokautta kerrallaan [27].



Kuva 8. Vasemmalla on virheellinen sauman lopetus, oikealla sama sauma korjattuna.

Yksi tuotantoprosessin kehittämiseen liittyvistä ongelmista on välittömän palautteen puuttuminen tuotannon ja suunnittelun välillä. Koska suunniteltuja työvaihemenetelmiä muutetaan varsinaista tuotetta hitsattaessa, suunnittelijat eivät saa välitöntä palautetta hitsaajien ja kokoonpanijoiden tekemistä muutoksista. [30] Päivitetyt tiedon (esim. uusi jigi otettu käyttöön) puuttuminen hitsaustyöohjeesta aiheuttaa riskin virheen toistumiseen, mikäli esimerkiksi työntekijä vaihtuu.

Hitsausprosessissa ei ole tällä hetkellä systemaattista laadun tarkkailua eikä tuotantoprosessissa syntyviä virheitä ja hukkaa (*scrap*) dokumentoida järjestelmällisesti [29]. Raaka-aine- ja komponenttihankinnan ennakointi on ajoittain vaikeaa, koska tuotannossa syntyvän hukan määrää ei tarkasti tiedetä. Vaarana on myös tilanne, jossa suuren komponenttierän osoittautuessa vialliseksi tuotanto voi merkittävästi viivästyä.

Työntekijöille ei ole laadittu ohjeita eikä heitä ole ohjeistettu oikea-aikaisen mitaamisen toteuttamisesta työn eri vaiheissa. Myöskään alihankkijoilta tulevien komponenttien laatua ei valvota tehokkaasti eikä alihankkijoille suoriteta laatu-auditointeja systemaattisesti. Tuotannossa syntyvät virheet huomataan toisinaan vasta asennuspaikalla loppukokoonpanon ja testauksen yhteydessä tai pahimmassa tapauksessa vasta loppuasiakkaalla (kuva 9) [29, 30]. Hitsausprosessissa ei ole määritetty laaduntarkistus- tai mittauspisteitä prosessin eri vaiheille, jolloin laadunvalvonta nykymuodossaan on vaikeaa.



Kuva 9. Kokoonpantu, viimeistelemätön osakomponentti on tullut alihankkijalta.

Yksi merkitsevästä ongelmista hitsauksen laadun kannalta on riittävä hitsauskiinnittimien (l. jigien) puuttuminen [29]. Jigeillä luodaan toiminnallisia mittoja ja muotoja hitsattaviin rakenteisiin, sekä saavutetaan haluttu toistotarkkuus [31, s. 30]. Hitsattaessa ilman jigejä jälki on usein epätasaista ja vaihtelevaa (kuva 10). Tietyillä asiakassegmenteillä korostuvat nimenomaan hitsattavien saumojen ulkonäköseikat, jolloin kosmeettisesti epätasainen hitsisauma koetaan laadultaan huonoksi, vaikka olisikin lujuudeltaan kestävä.

Jigien puuttuminen voi vaikuttaa myös hitsattavien osien hitsausjärjestykseen ja tätä kautta valmistukselliseen hitsattavuuteen, koska kappaleen käsittely ja hitsaus on hankalampaa ja erilaisia varmistusmittauksia joudutaan tekemään enemmän. Hitsattaessa ilman jigejä ongelmana on lisäksi hitsauksen hitaus. Sarjatuotannossa jigien käyttö lähes puolittaa valmistusajat [30].



Kuva 10. Hitsauskiinnittimen puuttumisesta johtuva kosmeettinen laatuvirhe.

Yhtenä laadunhallintaan liittyvänä ongelmana voidaan pitää myös erilaisia materiaalin hankintaan ja säilytykseen liittyviä ongelmia, jotka heijastuvat suoraan hitsauksen laatuun. Alihankinnan kautta varastolle tulevia komponentteja ei aina voida varmuudella helposti tunnistaa, koska varastomerkinnot ovat epäselviä tai ne puuttuvat kokonaan (kuvat 11, 12). Näissä tapauksissa komponentin tunnistus on täysin vanhempien työntekijöiden tiedon varassa.

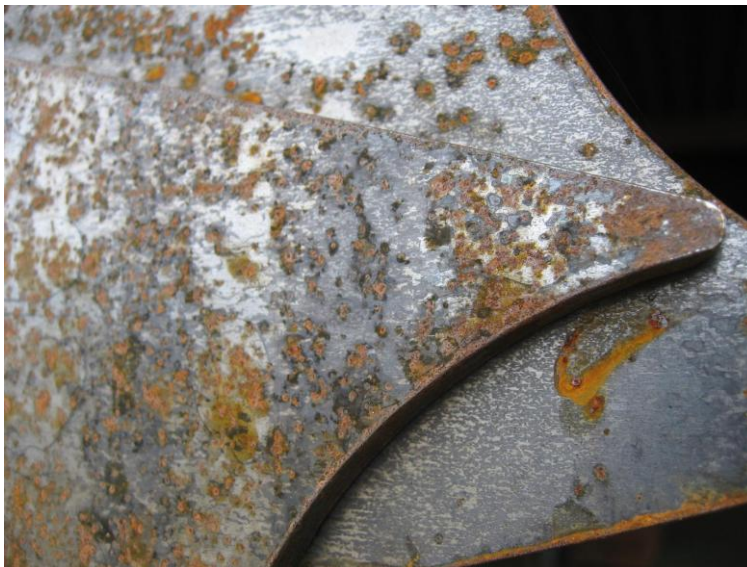


Kuva 11. Komponenttien tunnistettavuus varastolla on toisinaan huonoa.



Kuva 12. Varastomiehen arkea. Epämääräinen paketti on saapunut alihankkijalta.

Vuodenajasta riippuen materiaali tuodaan tuotantohalliin lumisena, jäisenä tai ruosteisena. Teräspinnan ruostuminen ja hilseily vaikuttaa pidentävästi esikäsittelyaikoihin sekä valmistukselliseen hitsattavuuteen, mikäli esikäsittely jätetään tekemättä (kuva 13) [29].



Kuva 13. Ruostunut ja hilseilevä teräspinta vaatii esikäsittelyä.

Useimpia alihankkijoita ei ole ohjeistettu riittävään laadunvalvontaan. Näin ollen mahdollisten laatuvirheiden (kuten viisteiden puuttuminen) sattuessa nopeasti tuotantoon tarvittavat komponentit joudutaan korjaamaan itse sen sijaan, että ne lähetettäisiin takaisin alihankkijan korjattavaksi. Usein alihankkijoita ei ole myöskään erikseen ohjeistettu omaa varastointia nopeuttavasta pakkaustavasta (kuva 12).

5.3 Hitsauksen tarkastusohjeet ja laadunhallinnan raportointityökalut

Suomalaisissa yrityksissä ei ole kiinnitetty kovinkaan paljoa huomiota varsinaisiin laatu- tai työohjeisiin [11, s. 162]. Kohdeyrityksessä tuotantoprosessin eri vaiheissa kuten hitsauksessa ja kokoonpanossa käytettäviä työohjeita on todella vähän tai ne puuttuvat kokonaan. Tällä hetkellä kohdeyrityksen työohjeiden taso on puutteellista verrattuna ISO 3834-2 -standardin suosituksiin. Myöskään mitään laatudokumentteja ei tuoteta eikä tallenneta johdonmukaisesti hitsauksen eri työvaiheista.

Myös ISO 9001 -laatujärjestelmästandardissa painotetaan ohjeiden olemassaoloa ja käyttöä [11, s. 162]. Koska työohjeiden puuttuminen on yleisin laatuvirheiden aiheuttaja, tulisi ns. ”verstaskäytäntö” dokumentoida ja laatia tältä pohjalta kriteerit laadun toteutamisesta varten (ohjeet, standardit, valokuvat, näytekalpaleet) [11, s. 165]. Salmisen (1990) mukaan työ- ja tarkastusohjeiden puute on ollut usein syynä erilaisiin laatuvirheisiin esimerkiksi silloin, kun yrityksiin on tullut uutta henkilöstöä tai tehtävää vakituisesti hoitanut henkilö on sairastunut. Virheitä on sattunut runsaasti myös silloin, kun tehtävää tai valmistettavaa osaa on muutettu [11, s. 162]. Varsinkin projektivaltaisissa konepajoissa yhtenäisen ja ohjeistetun käytännön merkitys kasvaa.

Kohdeyrityksessä hitsauksen ohjeistuksessa luotetaan lähes täysin ns. hiljaisen tiedon siirtymiseen, jolloin vanhemmat ammattilaiset ohjeistavat nuorempia eikä kirjallisia ohjeita ole käytössä. Tällöin ohjeistuksen voidaan katsoa olevan *subjektiivista*, jolloin ohjeet riippuvat siitä, kuka ne antaa. Myös tässä yrityksessä ohjeiden puute voi lisätä laatuvirheiden riskiä etenkin tilanteissa, joissa vanhemmat työntekijät ovat poissa tai tuotantoon tulee uusi tuote.

Varsinaisessa hitsausohjeessa (WPS) kuvataan, kuinka hitsaus on tarkoitus tehdä. Hitsauksen jälkeen hitsausohje toimii dokumenttina hitsauksen toteutuksesta [4, s. 4]. Tässä opinnäytteessä toteutettavilla hitsauksen tarkastusohjeilla ei kuitenkaan tarkoiteta SFS-EN ISO 15611 -standardin mukaista hitsausohjetta (pWPS tai WPS) vaan ohjetta hitsauksen eri työvaiheiden tarkastukseen ja laa-

dunhallintaan. Tarkastusohjeen hyväksyy yrityksen hitsausneuvoja (IWS) tai tuotantopäällikkö.

Salmisen (1990) mukaan työohjeiden laadinnassa tulee ottaa huomioon seuraavat periaatteet:

- Ohjeet pitää tehdä ”käyttäjä on asiakas” – periaatteella (ohjeet on tehtävä käyttäjälähtöisesti käyttäjien tarpeet huomioon ottaen)
- Ohjeet on tehtävä tarpeeksi suurikokoiseksi (mieluiten A3)
- Ohjeiden pitää olla selkeät (mieluiten piirros ja muutama selitys)
- Ohjeiden pitää olla työtiloissa siten, että niitä on helppo käyttää (esimerkiksi kääntötaulukehikoissa) [11, s. 162]

Työohjeet on pidettävä ajan tasalla siten, ettei vanhentuneita ohjeita voida käyttää [11, s. 162]. Tässä tapauksessa tuotettavat tarkistusohjeet käydään läpi tiiminvetäjien kanssa, jotka jalkauttavat tiedot omissa pienryhmissään tuotantoon. Tarkistusohjeet ovat esillä tuotannon esimiesten työpisteillä tai myöhemmin tarkoitusta paremmin palvelevassa paikassa. Kaikki työ- ja tarkistusohjeet tulee jakaa yhdestä sijainnista hallitusti. Näin vältetään päällekkäisyydet ja vanhojen versioiden poistuman seuranta helpottuu. Ohjeet tulee myös numeroida juoksevasti, jolloin ohjeiden luettelointi ja tunnistus on helpompaa. Vastuu ohjeiden ylläpidosta ja päivittämisestä tulee määritellä selkeästi yrityksen sisällä [11, s. 162]. Hitsauksen laatukäsikirjaan merkitään vastuuhenkilöiksi esimerkiksi tuotannon tiiminvetäjät.

Kohdeyrityksen hitsauksen tarkistusohjeita laadittaessa työ aloitettiin kartoittamalla sulahitsauksen yleisiä laatuvaatimuksia ja kohdeyrityksen tuotantoprosessin nykytasoa verrattuna standardin ISO 3834 vaatimukseen [13]. Kartoituksen tuloksena valittiin yrityksen käyttöön hitsauksen laatustandardin kattavin taso, jota käytettiin ohjaavana tietopohjana mm. tarkistusohjeille. Kattavin laatu taso valittiin, koska hitsaus on avainasemassa yrityksen tuotannossa.

Uusissa hitsauksen tarkistusohjeissa kuvataan pääasiassa hitsausprosessin käytännön toteutusta laadunhallinnan kannalta. Ohjeessa määritetään yksinkertaisessa muodossa hitsaukseen liittyvät seikat, jotka eivät käy ilmi suunnittelijan

laatimasta hitsausohjeesta. Tarkastusohjeessa määriteltäviä seikkoja ovat esimerkiksi esikäsitteilyn tarve ja -alue, käytettävä jigi, viimeistelymenetelmä sekä toiminnallisten mittojen tarkistus ennen hitsausta, hitsauksen aikana ja sen jälkeen. Jatkossa tekstimuotoisen tarkastusohjeen (liite 4) lisäksi voidaan liittää työasemakohtaisia valokuvia ja niistä voidaan jalostaa yksilöityjä työohjeita. Jatkuvan parantamisen nimissä myös dokumentoinnin kehittämistä tulee ylläpitää ja valvoa systemaattisesti.

Kohdeyritykselle laadittiin myös poikkeamaraporttimalli, sisäisen poikkeaman vuokaavio ja koneluettelomalli, joita voidaan käyttää apuna laadunhallinnassa (liitteet 5–7). Työpisteille jaettavaa poikkeamaraporttipohjaa (liite 5) täydennetään puuttuvilla tiedoilla (kuten vikasyyt ja lukumäärät) tarpeen mukaan. Seurannan alkuvaiheessa poikkeamaraportit toimitetaan kerran kuukaudessa tiiminvetäjien postilaatikkoon. Poikkeamien esiintymistaajuuden varmistumisen myötä raportointitiheyttä tulee säätää paremmin tuotantoa tukevaksi. Sisäisen poikkeaman vuokaaviota (liite 7) käytetään havaintomateriaalina auditointien yhteydessä. Vuokaavio toimii myös selkiyttäjänä yrityksen sisäisissä koulutuksissa. Kone- ja laiteluetteloon (liite 6) merkitään nykyisin käytössä oleva konekanta ja huoltoa koskevat merkinnät. Tällä hetkellä kohdeyrityksen konekannan huolto, kalibrointi ja dokumentointi hoidetaan ulkoisella sopimuspalvelulla.

5.4 Kehitysehdotukset hitsausprosessin laadunhallintaan

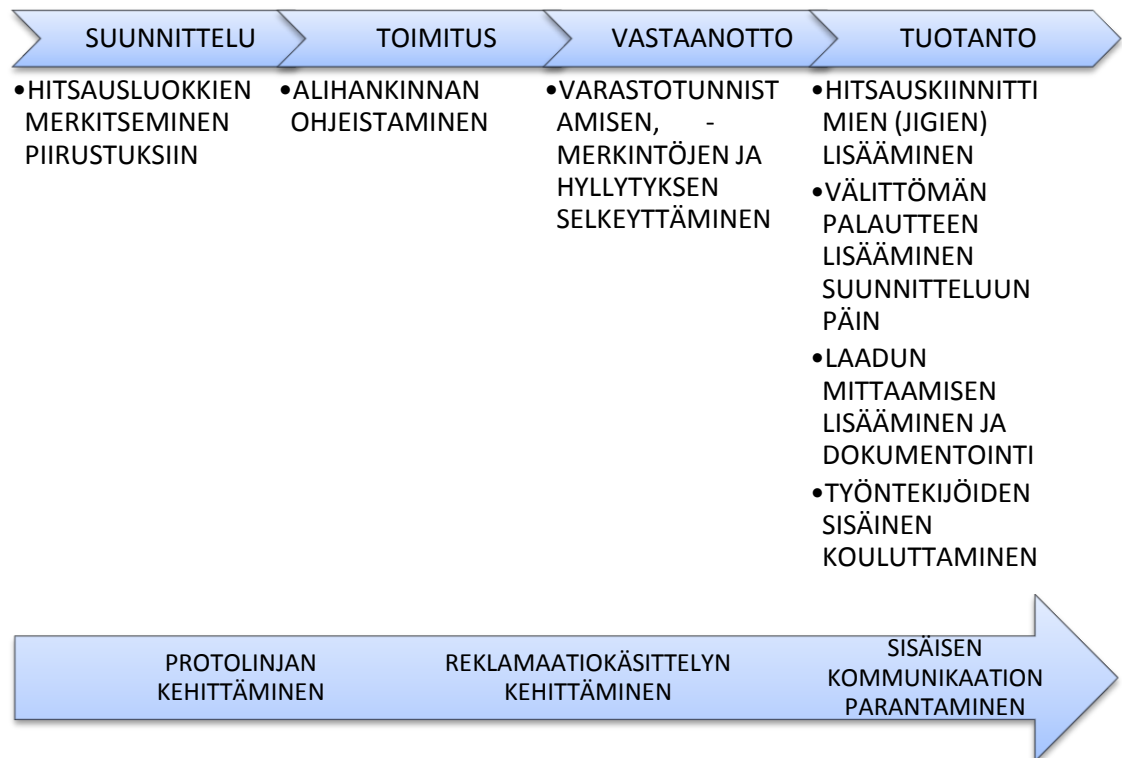
Yrityksen tärkeimmät kehittämiskohteet liittyvät laadunvalvonnan ja ohjeistuksen yhdenmukaistamiseen, jonka kautta voidaan saavuttaa *kokonaisvaltainen laatutason paraneminen* myös hitsausprosessin tasossa. Lisäksi yritykselle on laadittava ja hyväksyttävä hitsausohjeet (WPS). Yritykselle on luotava tarpeen ilmetessä hitsaustyöohjeita, jotka on määritettävä yhdenmukaisiksi. Laadunmittaukseen käytettävät työkalut on tunnistettava ja kalibroitava kerran vuodessa. Kalibroijana toimii joko hitsausneuvoja (IWS) tai palvelu on ulkoistettava työtaakan helpottamiseksi.

Yrityksestä hävisi merkittävä määrä hitsaukseen liittyvää osaamista edellisen laman aikana, ja useimmat uudet hitsarit ovat nuoria ja kokemattomia, ja tällä hetkellä pääosa hitsauksen osaamisesta on vanhojen työntekijöiden tiedossa ns. hiljaisena tietona. Työntekijöiden välistä tiedon siirtymistä on lisättävä ja uusien työntekijöiden aktiiviseen koulutukseen on panostettava (kuva 14). Myös näistä syistä työ- ja tarkastusohjeiden olemassaololla on suuri merkitys.

Kolmas merkittävä kehittämisaalue liittyy sisäisten reklamaatioiden (tuotantopoikkeamien) käsittelyyn (kuva 14). Tuotantopoikkeamien raportointi tapahtuu erillisellä poikkeamaraporttilomakkeella (liite 5). Reklamaatioiden käsittelyä varten tulisi perustaa laatuosasto, johon kuuluu laatupäällikkö, tuotantopäällikkö sekä tiiminvetäjä(t). Laatuosaston vastuulle tulisivat myös mahdolliset alihankkijoiden laatuauditoinnit. Reklamaatioiden vuokaaviot tulisi saattaa koko tuotantohenkilöstön tietoon. Tuotannon tehostamisen kannalta reklamaatioiden käsittely kannattaisi keskittää erilleen, jolloin se ei ruuhkauttaisi tuotantoa. Kohdeyrityksen sisäistä informaatiokulkua tulisi kokonaisuudessaan lisätä. Tuotannon tulisi antaa palautetta työmenetelmän muutoksista välittömästi suunnittelijalle, jotta muutokset työstömenetelmissä ymmärrettäisiin päivittää myös piirustuksiin ja hitsauskiinnittimiin.

Yhtenäisen ja laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi tulisi käyttää enenevässä määrin hitsauskiinnittimiä. Hitsauskiinnittimien käytöllä voidaan alentaa tuotannon läpimenoaikaa ja varsinkin kosmeettisista virheistä (kuva 10) johtuvia reklamaatioita. Hitsauskiinnittimet pitää numeroida ja niistä tulee ylläpitää luetteloa. Suunnittelijoiden on hyvä harkita numeroitujen hitsauskiinnittimien merkitystä piirustuksiin oikean käyttökohteen varmistamiseksi.

Tärkeimmät kehittämiskohteet on esitetty kootusti kuvassa 14. Koko tuotantoa koskevia kehitysseikkoja ovat protolinjan kehittäminen, reklamaatiokäsittelyn kehittäminen ja sisäisen kommunikaation parantaminen.



Kuva 14. Kehitysehdotukset kohdeyrityksen laadunhallintaan.

6 Pohdinta

6.1 Työn tulosten hyödynnettävyys

Laadunkehitys tulisi kohdistua tuotteen ja tuotantoprosessien laadun parantamiseen. Tällöin tulee keskittyä sekä olemassa olevien virheiden korjaamiseen että mahdollisten virheiden ennaltaehkäisyyn. Ennakoivan laadunhallinnan tulisi olla kuitenkin etusijalla, sillä korjaustarpeen ilmeneminen on osoitus siitä, ettei laadun järjestelmällistä synnyttämistä hallita riittävän hyvin [11, s. 50].

Opinnäytteessä pyrittiin sekä antamaan kehitysehdotuksia yrityksen hitsausprosessin laadunkehittämiseen että kehittämään hitsausprosessin laadunhallintaa varten tarkastusohjeita. Tarkastusohjeet palvelevat ennakoivan laadunhallinnan tarpeita yrityksen sisällä. Koska yrityksen tarkoituksena on implementoida ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä seuraavan 2 vuoden kuluessa, on ennakoivan

laadunhallinnan kehittäminen tarpeen tästä näkökulmasta. Opinnäytetyön tulokset palvelevat myös tätä pidemmän aikavälin tavoitetta kohdeyrityksessä.

6.2 Oman työn arviointi

Suurimpana haasteena opinnäytteen kunnialla läpi saattamiseksi koin aluksi loputtomalta tuntuneen standardiviidakon läpikäymisen ja kohdeyrityksen osaamisen ja tekemisen kannalta oleellisimpien tietojen poimimisen. Hitsaukseen erikoistuneen yrityksen tieto- ja vaatimustaso ovat tavallisen ”puikkohitsaamisen” näkökulmasta katsottuna todella korkealla tasolla. Koska omakohtaiset hitsauskokemukseni rajoittuivat satunnaisiin hitsauksiin koulun työpajalla, aiheutti se työkenttään tutustumisvaiheessa valtavan informaatioähkyn. Lähtökohtiin nähden pääsin yllättävän nopeasti tiedoissani auttavalle tasolle. Ajankäyttö oli aluksi täysin standardeihin syventymistä ja hitsaustekniikan perusteiden läpi käymistä. Vähitellen aloin kartoittaa tarkemmin yrityksen ulkoisia (esim. alihankkijat) ja sisäisiä toimintatapoja.

Monimutkaisten tuotantoprosessien ja usean yhtäaikaisen prosessikokonaisuuden käsitteleminen oli aiemman työkokemukseni kautta loppujen lopuksi helpompaa kuin mitä työn alkuvaiheessa tullut informaatioähky antoi ymmärtää. Laadunhallintaan liittyvät menetelmät olivat myös entuudestaan tuttuja, joten näiden osatekijöiden haltuun ottamisessa ja soveltamisessa ei ollut vaikeuksia opinnäytettä tehdessä.

Opinnäytetyön lisäksi osallistuin hitsauksen laatukäsikirjan kirjoittamiseen ja työntekijöiden koulutukseen kohdeyrityksessä. Koin varsinaisen opinnäytetyön toteutuksen ja työskentelyn yrityksessä mielenkiintoiseksi ja opin paljon uutta hitsausstandardin soveltamisesta ja käyttöönottoprosessista. Sain apua yrityksen henkilökunnalta opinnäytettä tehdessäni.

6.3 Opinnäytetyön tulosten luotettavuus

Arvioitaessa laadullisin menetelmin tehdyn opinnäytetyön luotettavuutta, kaikki tutkimuksen vaiheet ovat merkittäviä ja tutkimuksen tekijän rooli korostuu [20, s. 66]. Tärkeimpiä kriteereitä ovat *uskottavuus, pysyvyys, vahvistettavuus ja siirrettävyys*. Koska toiminnallisessa tapaustutkimuksessa tutkitaan yksittäisen ilmiön tai kohteen ominaisuuksia ja kehitystä, on uskottavuus tärkein kriteeri, jolla tutkimusta ja sen tulosten luotettavuutta arvioidaan. Laadullinen tutkimus on uskottava, jos tutkittavan kohteen todellisuus on pystytty todentamaan ja tutkijan tulkinta vastaa tutkittavien käsityksiä. [20, s. 67.] Opinnäytetyön tekemisessä minua auttoi aiempi työkokemukseni laatuinsinöörinä, josta koin olevan eniten hyötyä tässä kehitysprojektissa.

Tehdessäni opinnäytettä menin kohdeyritykseen täysin ulkopuolisena, eikä minulla ollut minkäänlaisia ennakkokäsityksiä tai tietoa, jotka olisivat voineet vaikuttaa opinnäytteen tekemiseeni. Tehdessäni haastatteluja ja havainnointeja tavoitteenani oli olla puolueeton ja käsitellä tutkimusaineistoja mahdollisimman tasapuolisesti. Nämä seikat lisäävät tutkimuksen luotettavuutta [20, s. 66].

Pysyvyyttä arvioidaan vahvistettavuuden kautta. Vahvistettavuus tarkoittaa sitä, että tutkimuksen tai opinnäytteen tekijä pystyy aineiston avulla kuvailemaan, kuinka tuloksiin ja johtopäätöksiin on päästy. [20, s. 68.] Tässä tapauksessa keräsin itse kaiken tarvitsemani tiedon tarkastusohjeiden kirjoittamista varten ja suoritin lisätiedonkeruun yrityksessä pääasiassa havainnoimalla sekä havainnointia tukevilla haastatteluilla. Kerättyjen tietojen pohjalta kirjoitin hitsauksen tarkastusohjeen laadunhallintaa varten.

Siirrettävyydellä tarkoitetaan tutkimustulosten siirrettävyyttä muihin samanlaisiin tutkimuskohteisiin tai -tilanteisiin. Luotettavuuskriteerinä se tarkoittaa pääasiassa sitä, että tutkimusraportissa tuodaan esille kaikki tarpeelliset tiedot, joiden pohjalta se voidaan toistaa. Laadullisessa tutkimuksessa tulokset ovat toistettavuudesta huolimatta usein erilaisia, eikä niitä yleensä voida sellaisenaan täysin siirtää toiseen tutkimustilanteeseen. [20, s. 68.] Toiminnallisen tapaustutkimuk-

sen kohdalla siirrettävyydellä ei siis ole luotettavuuskriteerinä niin suurta painoarvoa kuin uskottavuudella ja vahvistettavuudella. Tässä tapauksessa siirrettävyyttä heikentää kohdeyrityksestä johtuva salassapitovelvollisuus. Toiminnallisen tutkimuksen kulku on kuitenkin pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti salassapitovelvollisuuden asettamissa rajoissa. Haastatteluissa esitetyt kysymykset on esitetty liitteissä 1–3. Esimerkki hitsauksen tarkastusohjeesta on esitetty liitteessä 4. Muut laadunhallintatyökalut esitetään liitteissä 5–7.

Lähteet

1. Aaltonen, K. 2007. Konepajatoiminnan laatu. Luentokalvot. Teknillinen korkeakoulu. Tuotantotekniikan laboratorio. Helsinki. 62 s.
2. Hajizadeh, D. 2004. Hitsausohjeet (WPS) hydraulisylintereille. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Opinnäytetyö.[viitattu 24.2.2011] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:stadia-1178621455->.
3. Hirvonen, A. 2007. Hitsausohjeet ja –kokeet VAK- ja ADR-säiliövalimistukseen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu 24.2.2011] Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8773/Hirvonen.Antti.pdf?sequence=2>.
4. Hitsausliitosten laadunvarmistus ohjeiden B7 mukaan. 2005. Teräsnormikortti 18/2005. [viitattu 24.2.2011] Saatavissa: http://www.terasrakenneyhdistys.fi/suunnittelijoille/normikortit/Terasnormikortti%2018_2005.pdf.
5. Kettunen, T. 2006. Hitsauksen joustava laadunhallinta tilauskonepajassa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Konetekniikka. Valmistustekniikan laitos. 94 s.
6. Lukkari, E. 2000. Hitsien laatu ja hitsausvirheet. Hitsausuutisissa julkaistut artikkelit, osat 1–5. [viitattu 24.2.2011] Saatavissa: http://www.esab.fi/fi/fi/support/upload/Hitsien_laatu_ja_hitsausvirheet.pdf.
7. Saaranen, K. 2006. Palkinvalmistuksen hitsauksen laadunvarmistus. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö. [viitattu 24.2.2011] Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/30043/TMP.objres.388.pdf?sequence=1>.
8. Lepola, P. & Makkonen, M. 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo. WSOY. 559 s.
9. Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN ISO 9001. 2008. 69 s. + 1 liite.
10. Costin, H. 1999. Strategies for quality improvement. TQM, re-engineering and ISO 9000. Second Edition. The Dryden Press. Orlando. United States of America. 665 p.
11. Salminen, P. 1990. Tuotteiden ja toiminnan laadun kehittäminen. Tekninen tiedotus 26/89. Metalliteollisuuden keskusliitto. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Helsinki. 179 s.
12. Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Tekniikka & Talous 15. Talentum. Helsinki. 408 s.
13. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2009. SFS-käsikirja 66-1. Hitsaus. Osa 1: Hitsauksen laadunhallinta 2009. SFS. Helsinki. 697 s.
14. Numminen, A. 2008. Luentokalvot. EWQ-Klubi. Nordic Welding Expo 08. Tampere. 22 s.
15. SFS. 2010. Standardeilla laatua hitsaukseen. Hitsausstandardit. 4.s
16. Moisio, J. 2011. Laatujärjestelmän rakentajan eväitä. Qualitas Fennica Oy, 3/2011. Saatavissa: http://www.ims.fi/sites/default/files/21103_Artikkeli_laatujaarjestelman_rakentajan_evaita.pdf. 27.4.2011

17. Veini, M. 2011. Laadunhallinnan lyhyt oppimäärä. [viitattu 27.4.2011]
Saataavissa: <http://www.veini.net/iso.html>.
18. Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2000. Tutki ja kirjoita. 6. uudistettu laitos. Helsinki. Tammi. Opinnäytetyössä Sivander, S. 2009. Mallimestarin työnkuva suunnittelijan työparina. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/4103/Sivander_Sirpa.pdf?sequence=1.
19. Rantanen, P. 2006. Palveluiden hankintaprosessissa tarvittava osaaminen. Tapaustutkimus kuntien sosiaali- ja terveystalveluiden hankinnoista. Teknillinen korkeakoulu. Tietotekniikan osasto. Informaatiotekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: <http://www.simlab.tkk.fi/files/Pinja%20Rantanen.pdf>.
20. Tervonen, H. 2008. Asiakaspalautetiedon hallinta osana laatujaerjestelmää perusterveydenhuollossa. Opinnäytetyö. Kuopion yliopisto. Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: <http://www.kampus.uku.fi/gradut/2008/1913.pdf>.
21. Hitsauksen laadunhallinta. 2007. Kohdeyrityksen sisäinen muistio. 24 s.
22. Kohdeyrityksen sisäinen muistio. 2010. 26 s.
23. Kemppi. 2011. Hitsausaapinen. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: http://www.kemppi.com/inet/kemppi/fi/akp.nsf/frameset/Frameset?OpenDocument&left=/inet/kemppi/fi/akp.nsf/WEB_Nav?OpenView&navcat=Welding%20ABC&main=/inet/kemppi/contman.nsf/0/5EA64CEDFF42FC30C225718D003E66A7?opendocument&top=/inet/kemppi/fi/akp.nsf/Top?ReadForm&topcat=Welding%20ABC.
24. Hoppania, K. 2010. Hydraulisen puutavaranosturin jalustan kokoonpanosilloitus ja hitsaus. Turun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052010022>.
25. Ares, J. 2009. Metallityöt: muokkaaminen, takominen ja juottaminen. Suom. Kangasniemi, K. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Perhemediat Oy. Opinnäytetyössä Hoppania, K. 2010. Hydraulisen puutavaranosturin jalustan kokoonpanosilloitus ja hitsaus. Turun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052010022>.
26. Esab. 2011. Hitsausmenetelmät. [viitattu 3.5.2011] Saataavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes.cfm>.
27. Kohdeyrityksen jälkimarkkinointipäällikkö. Haastattelu. 4.5.2011.
28. Kohdeyrityksen komponenttituotannon tiiminvetäjä. Haastattelu. 26.4.2011
29. Kohdeyrityksen kokoonpanotuotannon tiiminvetäjä. Haastattelu. 4.5.2011
30. Kohdeyrityksen tuotesuunnittelija. Haastattelu. 3.5.2011
31. John Deere. 2010. Hitsauksen laadunhallinta. Koulutusmateriaali. 59 s.
32. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. 2006. Hitsauksen materiaalioppi. 2. painos. Helsinki. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry.
33. Vahvaselkä, J. 2004. Kunnossapitohitsaus vaneritehtaassa. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. [viitattu 17.5.2011] Saataavilla: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/35433/nbnfi-fe20041748.pdf?sequence=1>

Kysymykset tuotantoon

1. Ovatko komponenttien työstämiseen tarvittavat kuvat ja ohjeistukset tällä hetkellä riittäviä?
2. Onko tuotetta valmistettaessa tiedossa myös seuraavan työvaiheen laatuvaatimukset ja työmenetelmät?
3. Ovatko työkoneiden/polttoleikkasasemien huoltovälit ja kalibrointiajan kohdat tiedossa?
4. Kuinka paljon tuotannossa syntyy viallisia komponentteja/osatuotteita? Onko viallisten tuotteiden korjaamiseksi, kirjaamiseksi tai ennalta ehkäisemiseksi ohjeita?
5. Miten valmistuneet osatuotteet ja lopputuotteet tunnistetaan, mikäli myöhemmissä tuotantovaiheissa ilmenee laatuongelmia?
6. Järjestetäänkö tuotantopalavereita riittävin väliajoin? Onko eri työvaiheille nimetty vastuuhenkilöitä ja ovatko he tavoitettavissa?
7. Millainen on koko komponentti-/ raaka-aineketjun hallinta ja syntyykö tuotannossa viivettä?
8. Mitä asioita tuotannossa tulisi seurata viivytysten ja tuotannon tehostamiseksi? Millaisia yhteisiä käytäntöjä tulisi implementoida?

Kysymykset suunnitteluun

1. Millaisia ongelmia suunnitteluprosessissa ilmenee ja miten prosessia tulisi kehittää?
2. Mitä on tehty mahdollisten ongelmien parantamiseksi?
3. Mistä mahdolliset virheet ja puutteet johtuvat?
4. Mitkä ovat laadun kannalta kriittisiä työvaiheita tuotannossa? Kuinka tuotantoa ohjataan ja valvotaan?
5. Mitä asiakirjoja tarvitaan/säilytetään?
6. Onko yrityksessä olemassa piirustusten revisiohallintaa?
7. Raportoidaanko tuotannossa ilmenevistä/syntyvistä virheistä suunnittelulle?
8. Kuinka hitsauksen lujuutta testataan?
9. Mitkä ovat laatuvaatimustason valintaperusteet? Kuinka suunnittelijoita ohjeistetaan?
10. Onko tuotteilla lakisääteisiä/ standardinmukaisia/ asiakastiedon mukaisia vaatimuksia? Kuka vastaa, että ne huomioidaan suunnittelussa? Entä tuotannossa?
11. Mitä hitsiluokkaa käytetään? Merkitäänkö hitsiluokka ja WPS-numero piirustuksiin?
12. Onko suunnittelijalla käytössään tarkistuslistaa?

Kysymykset jälkimarkkinointiin

1. Onko tuotereklamaatioita? Tuleeko hitsauksen laatuun liittyviä reklamaatioita?
2. Mitkä hitsaukset vaikuttavat tuotteen laatuun näkyvästi?
3. Ovatko asiakastoiveet tuotannon tiedossa? Esitetäänkö viesti tuotannolle myös asiakas-/markkinointinäkökulmasta?
4. Onko mahdolliselle huonolle laadulle määritetty hintaa?
5. Mikä kanava toimisi laatupalautteen annossa?
6. Miten laatu määritetään sopimuksia tehdessä?

Hitsauksen tarkastusohje

TARKASTUSOHJE

luotu: 9.5.2011 / Tom
hyväksytty: 9.5.2011 / APi
muutettu: ensimmäinen revisio

OHJE ON LAADITTU YLEISEKSI MUISTILISTAKSI HITAUSTUOTANNON SUUNNITTELIJOILLE SEKÄ TYÖNTEKIJÖILLE

OHJEEN MUKAISET TARKASTUKSET TULEE TEHDÄ MUUN TUOTANNON OHESSA

TARKISTA ENNEN HITAUSTA:

- hitsaajien pätevyydet
- hitsausohjeen ajantasaisuus (pWPS, WPS)
- työkoneiden yleiskunto
- virtalähteiden kalibrointi; virta- ja jännitemittaukset (1krt/vuosi)
- tarvittavat materiaalit
- tarvittavat lisäaineet
- railotyyppi
- sovitukset
- esilämmitystarve ja -alue
- kiinnitykset (myös tilapäiset)
- silloitukset
- hitsauskiinnittimien (jigit) kunto
- piirustuksen viimeisin versio
- mittavälineiden kunto (jigi ja tönäri kalibroitu jne.)

TARKISTA HITAUKSEN AIKANA:

- käytetyt hitsausparametrit ja lämpötilat
- suorita pistokokeita
- mittaa toiminnalliset mitat
- a-mitat
- merkitse poikkeamat raporttiin

TARKISTA HITAUKSEN JÄLKEEN:

- silmämääräinen tarkistus (tai tunkeumaneste)
- systemaattiset (toistuvat) hitsausvirheet
- lopetuspaipit
- nurkkaan lopettaminen
- kuittaukset kuntoon (myös poikkeamat)
- onko kaikki tehty? -> hionnat, viimeistelyt jne.

Liite 5

Poikkeamaraporttimalli hitsausprosessiin

POIKKEAMARAPORTTI

luotu: 9.5.2011 / Tom
hyväksytty: 9.5.2011 / APi
muutettu: ensimmäinen revisio

Vikalista 1kk ajalta: _____
[Esim. maaliskuu 2011]

työnjohdon lukukuittaus
[nimi / pvm]

Seurattu työvaihe: _____
[Esim. koneistuskeskus]

VIKASY [täydennä puuttuva nimike]	VIKOJEN LUKUMÄÄRÄ [tukkimiehen kirjanpito]	MAHDOLLISET LISÄTIEDOT [tuotenro, huoltotarve tms.]
[Esim. polttoleikattu väärin]		[Esim. pisin sivu kiero ja väärä palikassa nro 90021867, onko polttoleikkaimen ohjelma ok?]

Liite 6

Kone- ja laiteluettelo

KONE- JA LAITELUETTELO

luotu: 9.5.2011 / Tom
hyväksytty: 9.5.2011 / APi
muutettu: ensimmäinen revisio

[illegible]

Liite 7

Sisäisen poikkeaman vuokaavio

SISÄISEN POIKKEAMAN VUOKAAVIO

luotu: 9.5.2011 / Tom
hyväksytty: 9.5.2011 / API
muutettu: ensimmäinen revisio

